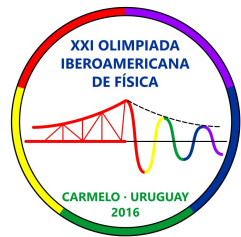




XXI Olimpiada Iberoamericana de Física

26 - 30 Setiembre 2016, Carmelo, Uruguay



PRUEBA TEÓRICA

Problema N° 3

Propulsor magnetohidrodinámico.

Un propulsor magnetohidrodinámico elemental (MHD), consiste en una caja hueca de largo L , con dos caras abiertas de ancho a y altura h , que se sumerge en un fluido con conductividad eléctrica σ (la conductividad se define como el inverso de la resistividad). La cara inferior y la superior son metálicas y están conectadas a una fuente de corriente continua con diferencia de potencial V , que establece una corriente eléctrica que se supondrá perpendicular a las placas. Las caras de dimensiones L y h , son dos imanes rectangulares no conductores, de modo que dentro de la caja se establece un campo magnético de módulo B , que en forma aproximada vamos a suponer uniforme, dirigido como se indica en la figura 1.

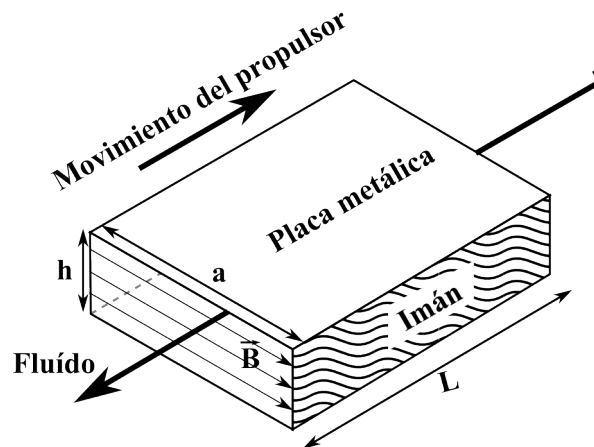


Fig. 1 - Vista en perspectiva del propulsor MHD.

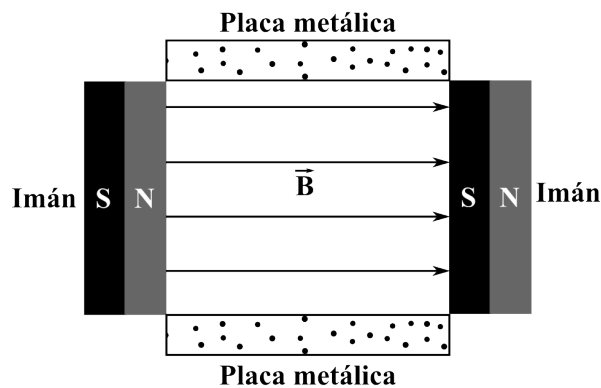


Fig. 2 - Vista trasera del propulsor MHD.

a) (1,4 puntos) Para que el propulsor avance en la dirección del movimiento indicada en la figura 1, determine si la placa de arriba es positiva o negativa, justificando su respuesta. Escriba la expresión para la fuerza aplicada por el propulsor MHD sobre el fluido.

b) (2,8 puntos) Para el par de imanes considerados, la intensidad del campo magnético depende de la distancia a , según $B(a)=0,42-14a$, donde a está dado en metros y B en Tesla. Esta relación lineal es válida para distancias comprendidas entre 0,005 m y 0,025 m.

Escriba la expresión para la distancia a , entre los imanes, a la cual es máxima la fuerza generada por el propulsor MHD y determine su valor.

Determine el valor del campo magnético para dicha distancia.

c) (1,4 puntos) Se construye un propulsor MHD para funcionar en agua salada, con el ancho calculado en la parte anterior, largo $L=12$ cm y altura $h=2,0$ cm. La fuente es una batería de $V_0=9,0$ V y resistencia interna $r_i=1,1\Omega$. La conductividad eléctrica del agua salada es $\sigma=4,8\ \Omega^{-1}\text{m}^{-1}$.

Escriba la expresión para la intensidad de corriente y determine su valor.

Determine la fuerza generada por el propulsor MHD.

d) (4,4 puntos) Se diseña un pequeño bote de juguete que es impulsado mediante el propulsor MHD de la parte anterior. El bote es una caja de 10 cm de ancho, 6 cm de altura y tiene la misma longitud que el propulsor (Fig. 3). La masa total del bote incluyendo la batería y el propulsor es $m=215$ g. Al moverse, el agua se opone al movimiento del bote con una fuerza de arrastre que es de la forma,

$$F_a = \frac{1}{2} \rho C A v^2, \text{ donde } \rho = 1,02 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \text{ es la densidad del agua salada, } C \text{ es el coeficiente de arrastre, el cual depende de la forma, y que en este caso es } C=1,2, A \text{ es el área frontal en contacto con el agua y } v \text{ es la velocidad relativa entre el bote y el agua.}$$

Escriba la expresión para la velocidad terminal (aceleración nula) con la que avanza el bote y determine su valor.

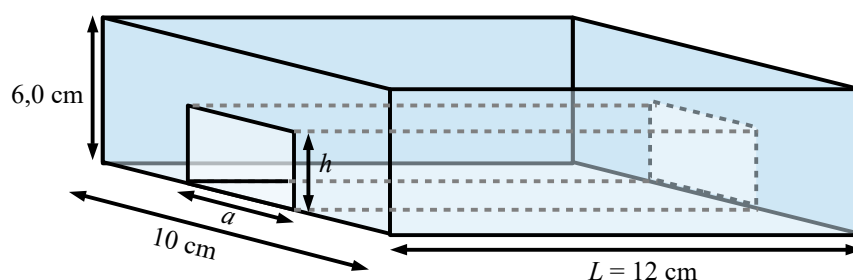


Fig. 3 - Dimensiones del bote de juguete